

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ БИОРЕАКТОРА

О.Л. Ахремчик, О.П. Rogozina

В качестве источников для производства топлива можно использовать органические отходы: растительные, бытовые, птицеводства и животноводства. При переработке отходов широко используются биореакторы. В биореактор загружают биомассу, из которой в ходе ряда реакций брожения (гниения) получают удобрение и биогаз (смесь углекислого газа и метана). Задачей системы управления биореактором является обеспечение оптимальных условий для роста культивируемых биообъектов и биосинтеза целевого продукта при соблюдении условий стерильности и экономичности процесса. Технологическая сложность обеспечения параметров процессов перемешивания сырья при применении разных типов микроорганизмов объясняет большое разнообразие конструкций промышленных биореакторов.

Как правило, переработка отходов производится в анаэробных условиях. Биохимические и термодинамические процессы внутри биореактора можно охарактеризовать как существенно нелинейные, нестационарные и неопределенные [1]. Получение биогаза при анаэробном брожении включает три этапа: гидролиз, образование кислот, образование метана (рис. 1).

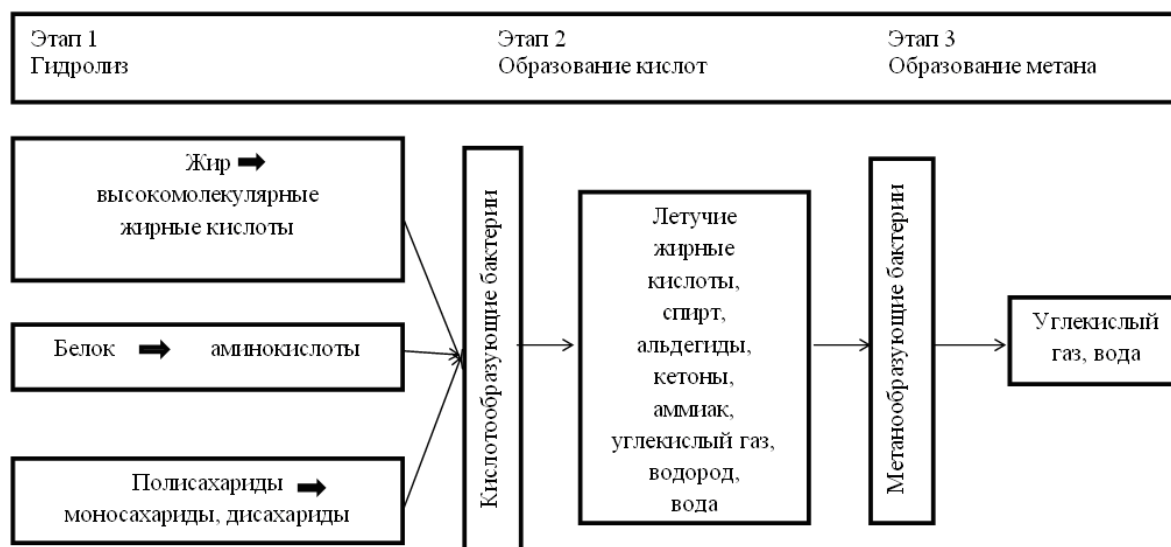


Рис. 1. Этапы процесса производства биогаза в биореакторе [2]

Процесс анаэробного брожения может протекать в трех возможных диапазонах: психрофильном (15–30°C), мезофильном (30–45°C) (например, с использованием микроорганизмов класса *Lactococcuslactis*) и термофильном (45–60°C) (например, с использованием микроорганизмов класса *Streptococusthermophilus*). При температурах ниже 15 и выше 60°C биохимические реакции практически не протекают. Таким образом, процесс получения биогаза является одновременно химико-технологическим и тепловым. Для его поддержания необходимы: перемешивающее устройство, загрузчик-дозатор, насосная станция, блок автоматики (рис. 2). Главный фактор эффективной работы биореактора – эффективность и адаптивность культур бактерий.

Блок автоматики может рассматриваться как локальная система управления биореактором и процессами мойки и стерилизации. Комплексная автоматизированная система управления технологическим процессом (АСУ ТП) производства биогаза дополнительно обеспечивает визуализацию технологического цикла на мониторе [3].

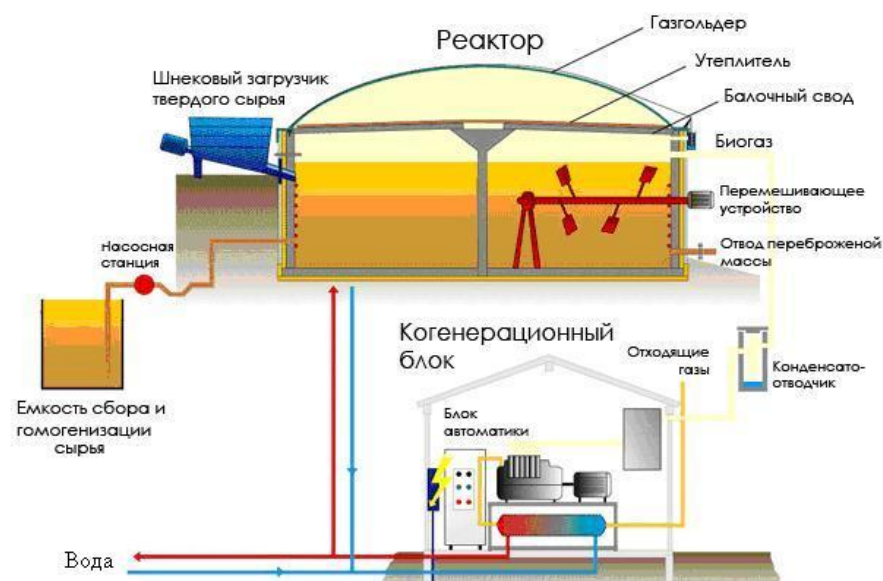


Рис. 2. Примерный состав оборудования для производства биогаза

Среди существующих конструкций можно выделить биореакторы малой и большой мощности для различных предприятий. При использовании биореакторов большой мощности возможно получение до трех кубических метров биогаза с одного кубического метра органических отходов (таблица).

Характеристики биореакторов малой мощности [4]

Модель	БУГ-3	БУГ-1	БУГ-М	БУГ-МР	БУГ-Р
Характеристики					
Объем биореактора, м ³	12	6	1	1	0,5
Суточный объем загрузки субстрата (50 % навоза/помета на 50 % воды), л	2 400	600	100	100	50
Суточное производство удобрений, л	2 400	600	100	100	50
Суточный выход биогаза, м ³	от 12	от 6	от 1	—	—
Занимаемая площадь, м ²	до 50	до 40	до 6	до 4	до 3

При автоматизации процесса производства биогаза в большинстве случаев в качестве объекта управления рассматривается процесс брожения субстрата. Проектирование системы управления начинается со структурно-параметрического анализа процесса производства биогаза. Данный подход позволяет представить биореактор как черный ящик с набором входов и выходов (рис. 3).

Разработанная модель – результат структурно-параметрического анализа биореактора, который не раскрывает взаимосвязей технологических параметров и координат состояния. Однако абсолютно ясно, что биореактор является многосвязным объектом.

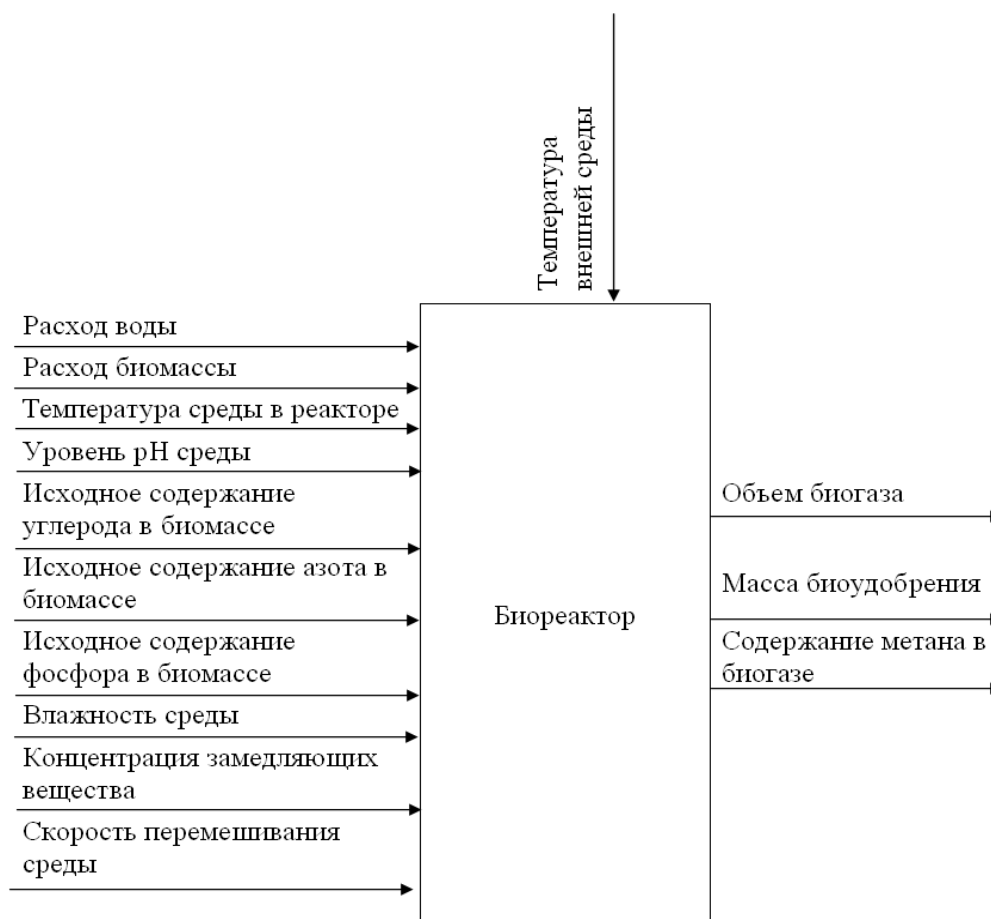


Рис. 3. Параметрическая модель биореактора

Дальнейшие исследования предусматривают получение моделей связи входов-выходов и определение последовательности формирования событий – отклонений входных параметров от заданных значений.

Следует акцентировать внимание на появлении ряда оптимизационных задач при использовании нескольких биореакторов в составе производственных цепочек, которые вводят в параметрическую модель связи от других биореакторов.

Библиографический список

1. Баадер, В. Биогаз: теория и практика / В. Баадер, Е. Доне, М. Бренндерфер; пер. с нем. М.: Колос, 1982. 146 с.
2. Боровская, Т.М. Моделирование и оптимизация систем производства биогаза / Т.М. Боровская, П.В. Северилов // Наукові праці ВНТУ. 2009. № 2. С. 1–9.
3. Комплексные линии биореакторов для биотехнологических производств. URL: <http://bioreactors.net/ru/bioreactor-lines/> (дата обращения: 8.11.2017).
4. Биореакторы и газгольдеры для утилизации биологических отходов, получения биогаза и органических удобрений: комплекс БУГ-1. URL: <http://bio.bmpa.biz/bioreactor.html> (дата обращения: 15.11.2017).

